



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

KONSTRUKCE PRACOVNÍHO RAMENE ZÁVITOŘEZU

DESIGN OF WORKING ARM FOR THREADING MACHINE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Marek ŘEZNÍČEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Jan PAVLÍK, Ph.D.

BRNO 2018

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student:	Marek Řezníček
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce:	Ing. Jan Pavlík, Ph.D.
Akademický rok:	2017/18

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Konstrukce pracovního ramene závitořezu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Navrhnete a konstrukčně zpracujete řešení pracovního ramene závitořezu / vrtačky. Pracovní rameno má zajišťovat „přesnou“ vertikální orientaci osy nástroje v celém pracovním prostoru a současně zmenšit námahu obsluhy a to jak z hlediska hmotnosti tak i silového působení od řezného procesu. Rameno navrhnete univerzálně pro agregaci různých typů vrtaček nebo závitořezů.

Cíle bakalářské práce:

1. Důkladná analýza problematiky.
2. Návrh variant řešení a jejich technicko-ekonomické zhodnocení.
3. Konstrukční návrh vybrané varianty - 3D model.
4. Výpočtová dokumentace dimenzování hlavních částí.
5. Výkresová dokumentace vybraných uzlů.

Seznam doporučené literatury:

MAREK, J., NOVOTNÝ, L., SMOLÍK, J., BLECHA, P., BŘEZINA, T., MRKVICA, I., SULITKA, M., UČEŇ, O. (2010): Konstrukce CNC obráběcích strojů. MM publishing s.r. o, Praha, ISBN: 978-80-254-7980- 3.

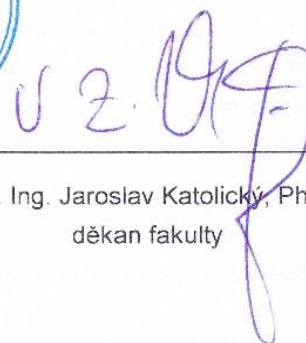
SHIGLEY, J.E., MISCHKE, Ch.R., BUDYNAS, R.G. Konstruování strojních součástí. 1. Brno: Nakladatelství VUTIUM, 2010. ISBN 978-80-214-2629-0.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18.

V Brně, dne 24. 10. 2017



prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.
ředitel ústavu



doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Cílem této práce je navrhnout konstrukci pracovního ramene závitořezu/vrtačky. Pracovní rameno zajišťuje „přesnou“ vertikální polohu osy nástroje v daném pracovním rozsahu a zmenšuje silové účinky od sil řezných a hmotnostních. Součástí práce je 3D model a výkresová dokumentace, včetně výpočtové části součástí.

Klíčová slova

rameno závitořezu, rameno vrtačky, závitořez, vrtačka

ABSTRACT

The aim of this work is to propose the construction of working arm threading / drilling. Working arm provides "its" vertical position of the tool axis in the working range and reduces the force effect of cutting forces and weight. The work includes 3D models and drawings, including the calculation of the components.

Key words

threading arm, arm drills, threading, drill

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Řezníček, Marek. *Konstrukce pracovního ramene závitořezu*. Brno 2018. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. 35 s. příloh. Vedoucí práce Ing. Jan Pavlík, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Konstrukce pracovního ramene závitořezu** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Marek Řezníček

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Janu Pavlíkovi Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování bakalářské práce. Dále děkuji své přítelkyni za podporu při studiu.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ.....	6
PODĚKOVÁNÍ	7
OBSAH.....	8
ÚVOD	9
1 Důkladná analýza problematiky	10
Historie.....	10
Úvod do problematiky pracovních ramen	10
VM-Z2	11
VOLUMEK VT, VTS a JT3	11
Dragon RHC-E	12
Fiam BA 50.....	13
DRILLTRONIC.....	14
Shrnutí parametrů	15
2 Návrh variant řešení a jejich technicko-ekonomické zhodnocení dále jen TEZ	16
Řešení 1.....	16
Řešení 2.....	18
3 Konstrukční návrh vybrané varianty - 3D model	22
Autodesk Inventor Professional.....	22
Catia V5	22
Solid Edge ST10	23
Zhodnocení variant 3D modelů	23
Realizace 3D modelu	23
4 Výpočtová dokumentace, dimenzování hlavních částí.....	25
Volba materiálu.....	25
Výpočet pro volby typu plynové vzpěry s oky	26
Výpočet čepu na otlačení	28
5 Výkresová dokumentace vybraných uzlů	29
6 ZÁVĚR	30
7 SEZNAM použité literatury.....	31
8 Seznam Obrázků	33
9 Seznam tabulek	34
10 Seznam použitých symbolů a zkratk.....	35
11 SEZNAM PŘÍLOH.....	36

ÚVOD

Lidská vynalézavost je obrovská a zvláště ta česká. Není tedy divu, že člověk měl potřebu si práci ulehčovat. A tak i já jsem měl zájem si svou práci zpříjemnit a hlavně zefektivnit. Jednoho dne tím vznikl nápad vytvořit si jednoduché rameno pro příjemnější manipulaci s vrtačkou či závitořezem. Samozřejmě na trhu je nespočet výrobků, které by k tomuto účelu posloužily. Žádný z nich však nesplňoval veškeré požadavky, hlavně z finančního hlediska návratnosti investice a tak vyvstala otázka, co si tuto konstrukci vyrobit sám. Nejedná se o nijak komplikovanou výrobu či technologii. Je to jen soustava spojených pák a tak se zrodila myšlenka.

Práce je rozdělena do pomyslných 3 částí. V první části se věnuji důkladné analýze problematiky tohoto zařízení. Z možných variant jsou detailně zakresleny a vytvořeny 3D modely pomocí Autodesk Inventor. Tento model je podroben pevnostním výpočtem kritických míst.

Cílem této práce je vytvořit takovou soustavu pák, která sníží fyzickou náročnost při manipulaci se zařízením. Splní bezpečnostní aspekty z hlediska pevnosti a pružnosti. V neposlední řadě bude schopen relativně přesně nastavit požadovanou polohu závitořezu či vrtačky.

1 DÚKLADNÁ ANALÝZA PROBLEMATIKY

Historie

Využití pantografu bylo v minulosti značně odlišné, než je dnes. Pojmenování pantograf pochází z řeckých slov pantós, pas -všechn a grafós, gráfo- píšu, kreslím. Od tohoto pojmenování je zřejmé i jeho využití ve Starém Řecku, kde byl hojně využíván jako rýsovací pomůcka [1]. Jazyk se neustále vyvíjí a tak i tento pojem po čase dostal nový význam. Velmi často se s tímto slovem můžeme setkat ve spojení s železniční dopravou a to konkrétně jako označení druhu konstrukce pro elektrické sběrače lokomotiv, tramvají [2]. Konstrukce pantografu má neskutečné využití a to nejen v již zmíněné železniční dopravě. Například ve strojírenství je této konstrukce využíváno pro popis obrobků.

Úvod do problematiky pracovních ramen

Pantografické pracovní rameno závitořezu či vrtačky musí zajišťovat hned několik funkcí a jsou to velmi často požadavky protichůdné. Rameno by mělo zajistit co nejpřesnější polohu nástroje. Tato přesnost je relativní. Velké obráběcí stroje tuto přesnost dalece překonají, avšak cena takového zařízení je značná. Tato skutečnost zajišťuje jisté místo pantografům nejen ve strojírenství. Na velké množství aplikací je tato přesnost dostačující a cena zařízení je výrazně nižší. Vždy bude přesnost větší, než pokud bychom drželi nářadí pouze v ruce. Přesnost polohy díry s použitím pantografického ramene v použití se závitořezem je dána předvrtáním díry, která může být zhotovená na jiném stroji. S konstrukcí pracovního ramene s vrtačkou se můžeme často setkat například v zámečnických dílnách, které nejsou vybaveny velkými vrtacími stroji, a již předem se počítá se značnou tolerancí. Použitím této konstrukce se docílí nejen větší přesnosti otvoru, ale i zásadního snížení námahy obsluhy. S tím je spojena i vyšší produktivita práce. Ekonomická zátěž na pořízení ramena na tuto operaci je pak následně snížena. Dáme-li konkrétní příklad, zabezpečení kolmosti k vrtané ploše je možné docílit použitím vrtačky s magnetickým držákem. V této aplikaci může být výhodnější použití naší konstrukce, vyvarujeme se tak celé řadě nevýhod. Je nutné vždy posoudit výhodnost na konkrétním využití. Pantografické rameno oproti vrtačce s magnetickým držákem má bezesporu rychlejší manipulaci. Co se týče magnetického držáku, je nutné respektovat požadavek na plochu, kde je držák upnut. Nejsme-li schopni zabezpečit velikost, čistotu a také kvalitu povrchu, který slouží jako upevňovací bod, je lepší volit jiné varianty. Rameno nám tedy může vycházet lépe, bereme-li v potaz technologický postup výroby.

Hlavní požadavky na rameno s ohledem ke komplikacím při jeho výrobě:

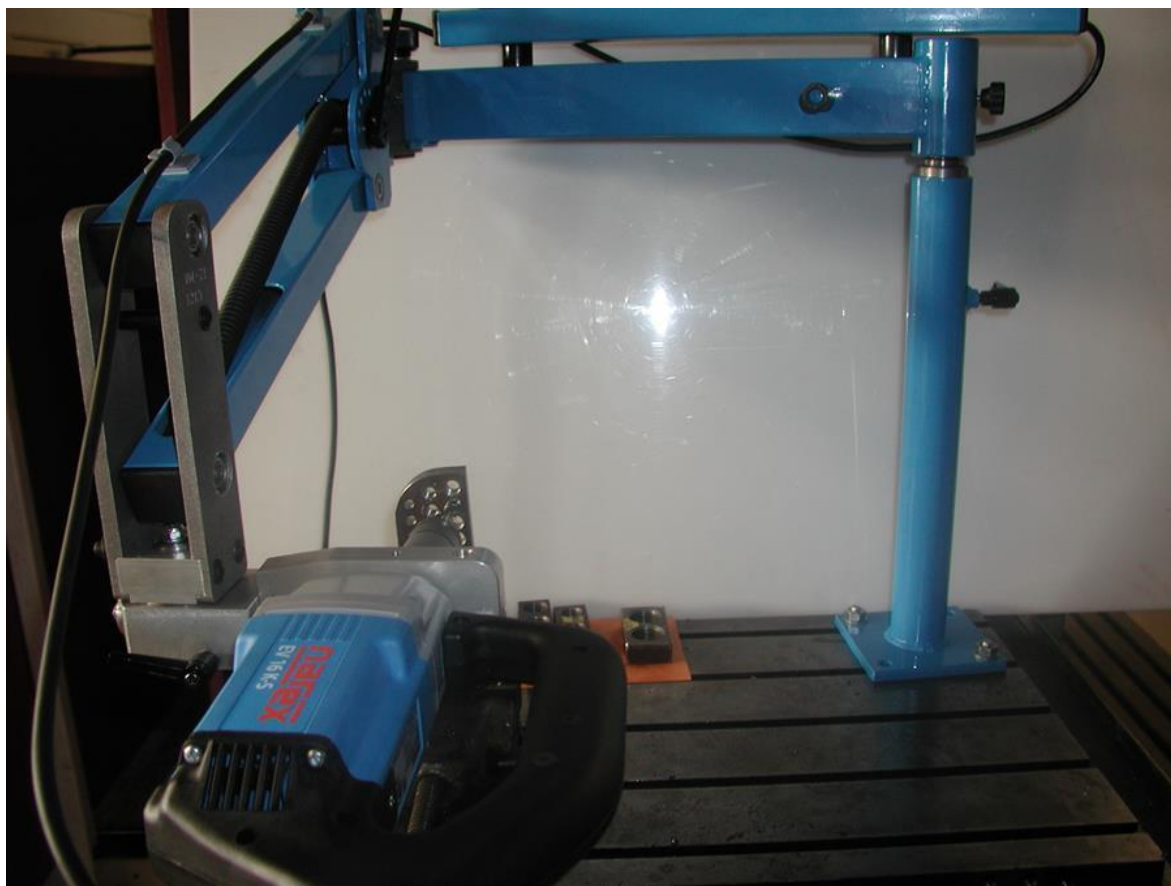
- rameno by mělo mít „co největší“ pracovní prostor, což sebou nese problém v podobě vyšší hmotnosti při zachování tuhosti. Pokud bychom chtěli zvětšit pracovní prostor a zachovat tuhost stroje, poroste nám nezanedbatelně váha ramene. Se zvětšením rozměrů se budou zvyšovat náklady na výrobu, jak za materiál, ale hlavně za obrábění
- rameno by mělo mít dostatečnou tuhost, kterou lze zvyšovat větším dimenzováním stroje, které sebou přináší zvýšení hmotnosti. Vyšší hmotnost sebou nese výhodu v podobě menší citlivosti k vibracím, ale nevýhodu ve zvětšení námahy obsluhy. Námahu na obsluhu lze snížit použitím plynových vzpěr či pružin, ale jejich použití

se promítne ztížením výpočtového modelu a zvýšením ceny výrobku, ať již z důvodu ceny nakupovaných dílů či vyráběných dílů a dalšího obrábění [3].

Na trhu se vyskytuje celá řada řešení pantografického ramene. Ukážeme si výhody a nevýhody na konkrétních konstrukcích, které se vyrábí.

VM-Z2

Tuto konstrukci pantografu vyrábí česká rodinná firma Vladimíra Malého. Jedná se o zařízení s jedním ramenem, které je uložené na otočném rameni. Výhoda je bezesporu vysoká tuhost, která je docílena na základě menšího počtu vazeb a dílců. V případě že je kladen požadavek na pracovní rozsah. Předcházející výhoda se stává nevýhodou, jelikož silně ovlivňuje pracovní rozpětí. [4].



Obr. 1 Pantografické rameno od firmy Vladimír Malý [4]

VOLUMEK VT, VTS a JT3

Totožná konstrukce výše zmíněného pantografického ramene je i rameno firmy VOLUMEK série ET a JT2 [5]. Podívejme se na série VT, VTS a JT3. Jedná se o model, který disponuje dvěma dvojitými rameny, které jsou uložené na pevném otočném rameni. Mezi jeho hlavní výhody patří větší rozsah pracovního prostoru a dále také variabilita pohybu. Oproti předcházejícímu modelu zde je nárůst počtu součástí. Nárůst součástí je silně spojen se zvýšením ceny za konstrukci. Na tuto skutečnost je navázáno snížení přesnosti. Toto provází

zvýšení hmotnosti oproti VOLUMEK série ET a JT2. A v neposlední řadě i zvýšení nákladnosti tohoto řešení [3]



Obr. 2 Pantografické rameno VOLUMEK [5]

Dragon RHC-E

Tento model pantografu se skládá ze dvou jednoduchých ramen, které jsou pohyblivé a jedním ramenem otočným. Hlavní přednost toho zařízení je možnost využití ramen v libovolném úhlu bez nutnosti nastavování. Další neopomenutelná výhoda je zajisté menší počet dílců. Z pohledu vyrobiteľnosti je zde menší náročnost na zhotovení některých součástí a to z toho důvodu, že není nutné zajišťovat rovnoběžnost dvojitého ramene [6].



Obr. 3 Pantografické rameno Dragon RHC-E [6]

Fiam BA 50

Konstrukce s dvěma dvojitými rameny. Přináší kompromis mezi dvěma předchozími provedeními a spojuje jejich výhody i nevýhody. Poskytuje velkou variabilitu pohybu a přitom ušetření prostor oproti třiramenné konstrukci. Pantograf s konstrukcí dvojitého ramene je kompromis mezi dvěma předchozími variantami [7].



Obr. 4 Pantografické rameno Fiam BA 50 [7]

DRILLTRONIC

Jako poslední je zde uveden italský DRILLTRONIC od firmy Volumec. Na rozdíl od modelů nižší řady VT, VTS, JT3 či výrobky od konkurenčních firem jedná se o zařízení, které je schopno vrtání či nastavování rozměrů, a to bez použití ručního odměřování. Firma Volumec vyvinula systém VAPS- systém asistovaného polohování. Tento systém je schopen rychlého identifikování polohy obrobku. Další předností je rozhodně intuitivní programování vrtání, které je realizované na dotykové displeji. Vrtání je možno provádět i v modu asistovaného polohování nástroje. Změna otáček je možná jak v automatickém režimu tak i manuálním. Uzamykání pozic je realizováno na desetiny pomocí elektropneumatiky. DRILLTRONIC je vrtací a závitořezné zařízení jiné úrovně. Zde se odráží i cenová náročnost na toto pracovní rameno. U této soustavy není problém se pohybovat v pořizovací hodnotě i půl milionu českých korun včetně DPH [5].



Obr. 5 Inteligentní rameno DRILLTRONIC [5]

Shrnutí parametrů

Výše zmíněných pět variant jsou si velmi podobné až na poslední konstrukci. Je zde uvedena pro informaci, jaké ramena se na trhu vyskytují. Budou porovnávány pouze první čtyři varianta, které jsou si blíže podobné. Jako jediná varianta s jedním ramenem je zde uveden produkt firmy Vladimíra Malého, která byla použita i pro inspiraci v tvorbě vlastního pantografického ramene. Její pracovní pohyb je nejmenší ze zmíněných konstrukcí. Také cena je nejnižší a to již od 34 990Kč s DPH. Tato cena je bez příslušenství a závitořezu. Kompletní sestava stojí od 49 990Kč s DPH. Co se týče Volumec VT, VTS, JTS a Dragon RHC-E disponují jedním otočným ramenem. Možnost pracovního ramene záleží na zvoleném modelu. Od toho se také odvíjí i cenová náročnost na tato zařízení. Jednotlivé konkurenční modely jsou porovnatelné i cenově. Jen pro představu, základní cena Volumec VT začíná od 111 800Kč s DPH. Tato cena obsahuje více směrovou hlavu a montážní přírubu. V případě dokoupení magnetického upínače se sestava prodáží o 26 750Kč. Ohledně ceny konstrukce Dragon RHC-E se začíná od 124 365Kč bez DPH Kč. Tato cena je vyšší oproti ostatním variantám, jelikož výrobek je nabízen včetně závitořezu. Tato varianta byla poptávána firmou SELOS magnetics s.r.o. Poslední konstrukce, která je do jisté míry jiná je Fiam BA 50. Tato konstrukce se stala částečnou inspirací při tvorbě vlastního modelu. Toto řešení má nejlepší poměr složitosti výroby a užitkovosti. České zastoupení prodeje produktů Fiam, společnost ALFAVARIA Group s.r.o., nenabízí tuto variantu. Pro český trh dodává ramena pouze s balancérem. U této konstrukce začíná cena od 25 000Kč.

	maximální dosah	hmotnost	maximální hmotnost závitořezu	upínací průměr	cena v ČR
	[mm]	[kg]	[kg]	[mm]	[Kč]
VM-Z2	980	16	4	57	34 990
Volumtec JT3	1900	20	3	31	111 800
Dragon RHC-E	2255	45	výrobce neudává	31	149 238
Fiam BA50	1000	18	4.5	50	-

Tabulka 1 Shrnutí parametrů

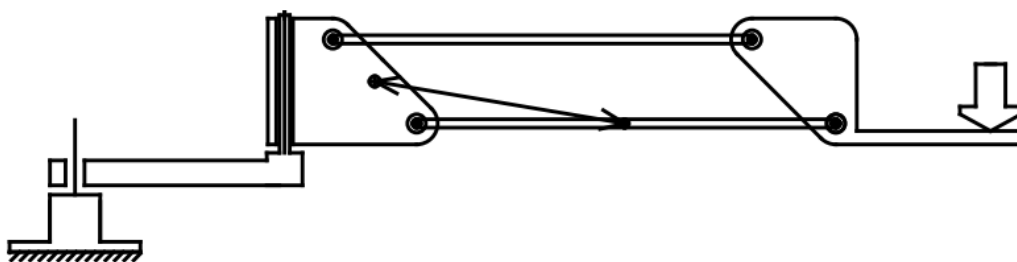
2 NÁVRH VARIANT ŘEŠENÍ A JEJICH TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ DÁLE JEN TEZ

Vzhledem k povaze zadání a tomu, že práce má sloužit jako předloha, dokumentace k výrobě pantografického ramena pro mou vlastní dílnu, od začátku jsem uvažoval dvě varianty. První řešení inspirovat se konkurencí pana Malého a jeho VM-Z2. Jedná se o jedno pantografické rameno a jedno rameno otočné. Druhé řešení, kterým jsem se inspiroval, byla konstrukce FIAM BA 50. Jedná se o soustavu dvou pantografických ramen.

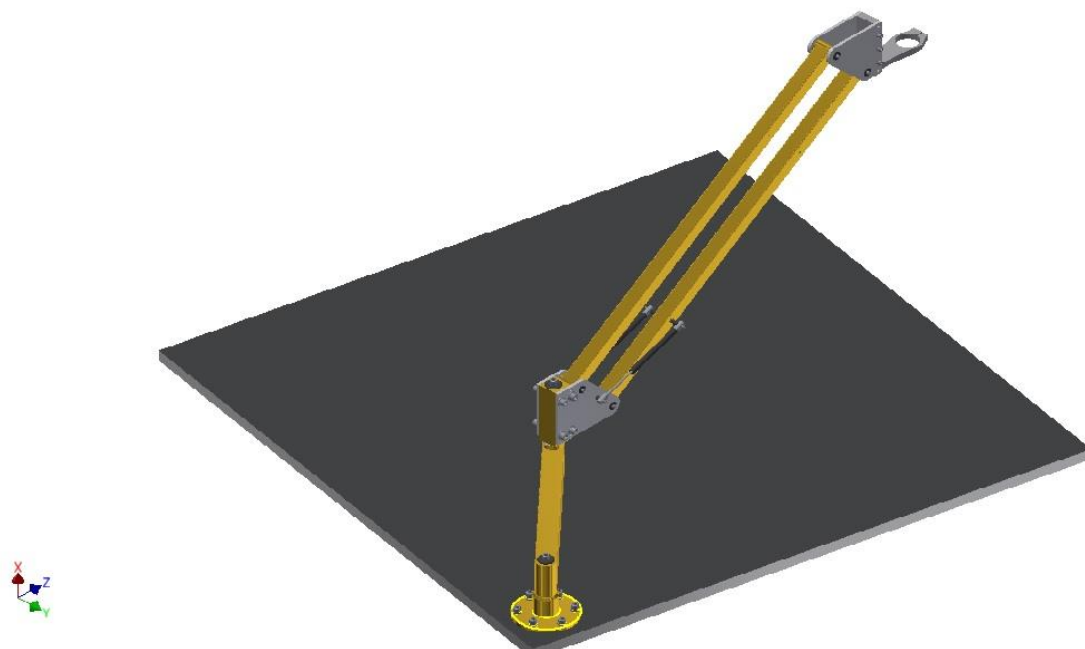
Obě varianty jsou namodelovány a je zde snaha o jistou unifikaci jednotlivých dílů. Je zde tedy možnost stejné díly sdílet pro obě konstrukční řešení. Toto sdílení je výhodné hlavně z důvodu výroby obou variant ve více kusech. [8] [9], Níže je detailnější popis jednotlivých řešení.

Řešení 1

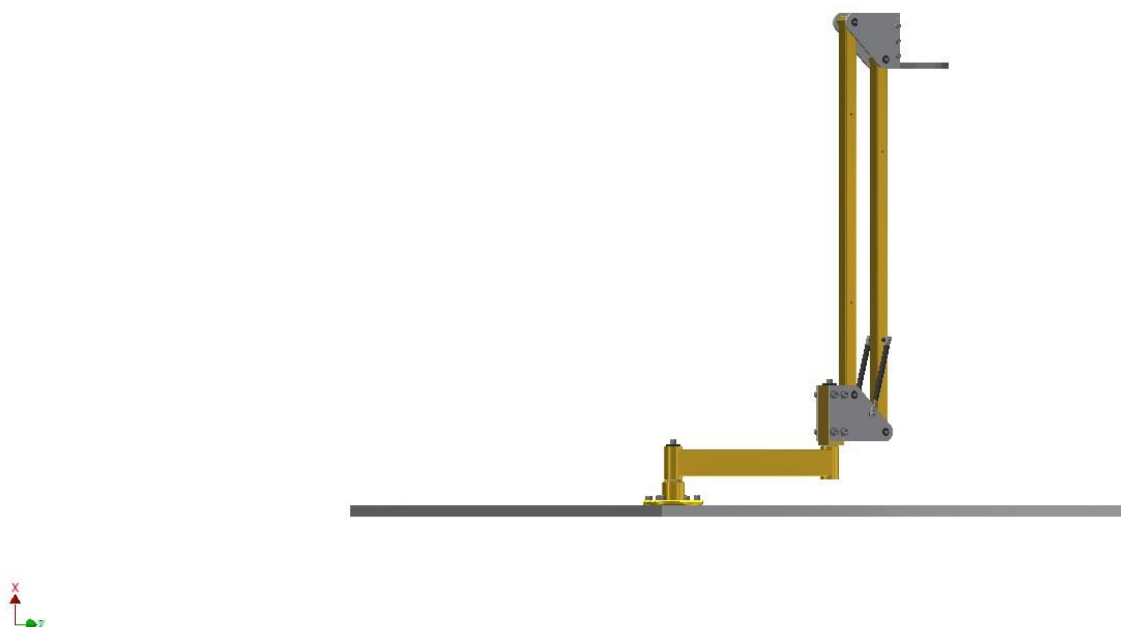
Hlavní přednost této varianty je menší počet dílů, které sebou teoreticky přináší vyšší přesnost nastavení a levnější výrobu. Další důležitou věcí i je následná montáž, která je snadnější než u jiných variant. Při variantě, kdy je otočené rameno volné, nevzniká žádná kolize při manipulaci. Bude-li rameno umístěno v blízkosti stěny či jiné překážky může dojít ke kolizi mezi zmíněnou překážkou a ramenem během polohování. Tento fakt může dojít až k nemožnosti pracovat na obrobku, který je umístěn příliš blízko ramene. Pracovní prostor je podstatně zmenšen. Jelikož se jedná o TEZ je nutné zmínit předpokládanou cenu výrobku, která je 10 201Kč. Cena vychází z tabulky 1, který obsahuje veškeré dílce včetně následného opracování. Nejnákladnější položkou jsou nakupované díly. V tomto případě se jedná o plynové vzpěry, které při dvou kusech stojí dohromady 1 714Kč. Zato nejdražší opracování má rameno dva kusy za cenu 1 200Kč.



Obr 6 Pantografické rameno znázorněno kinematickým schématem pro řešení 2



Obr. 6 Celkový pohled na rameno řešení 1



Obr. 7 Rameno řešení 1, boční pohled



Obr. 8 Rameno v maximálním rozpětí řešení 1, boční pohled

POZICE	KUSY	NÁZEV	MATERIÁL	CENA ZA MATERIÁL NA 1KS [Kč]	CENA ZA MATERIÁL CELKEM [Kč]	CENA ZA OBRÁBĚNÍ 1 KUSU [Kč]	CENA ZA OBRÁBĚNÍ CELKEM [Kč]	CENA CELKEM [Kč]
1	1	ZÁKLADNA	-	0	0	750	750	750
1.1	1	ZÁLK. PLECH	P 15	90	90	0	0	90
1.2	1	STŘED ZÁKL.	φ 60	87,5	87,5	0	0	87,5
2	1	HŘÍDEL ZÁKLADNY	φ 30	52	52	100	100	152
3	1	NOSNÍK	4HR 50 x 50	70,6	70,6	650	650	720,6
4	2	PLECH NOSNÍKU	P 8	200	400	240	480	880
5	1	HLAVNÍ RAMENO	-	0	0	750	750	750
5.1	1	TRUBKA	THR 70 x 50	77	77	0	0	0
5.2	2	KULATINA	φ 50	72	72	0	0	0
6	2	PLECH KONZOLE	P 8	190	380	75	150	530
7	4	ČEP	φ 20	20	80	200	800	880
8	2	RAMENO	-	0	0	600	1200	1200
8.1	2	TRUBKA	TRH 40 x35 x3	90	180	0	0	180
8.2	4	KULATINA	φ35	15	60	0	0	60
9	1	DRŽÁK NÁSTROJE	P 50	450	180	400	400	580
10	1	PŘÍLOŽKA ARETACE 1	φ 35	35	35	250	250	285
11	1	PŘÍLOŽKA ARETACE 2	φ 35	35	35	250	250	285
12	2	KLUZNÁ PODLOŽKA	P 4	5	10	0	0	10
13	2	PODLOŽKA NOSNÍKU	P 4	6,6	13,2	0	0	13,2
14	1	ČEP VZPĚRY KRATKÝ	6HR 10	56	56	350	350	406
15	1	ČEP VZPĚRY DLOUHÝ	6HR 10	54	54	350	350	404
16	1	HŘÍDEL HLAVNÍHO RAMENE	-	62	62	100	100	162
17	2	PLYNNOVÁ VZPĚRA S OKY	-	857	1714	0	0	1714
18	4	KOLÍK	φ 6	5,7	22,8	0	0	22,8
19	6	ŠROUB	M12	0,36	2,16	0	0	2,16
20	4	ŠROUB	M12	2,8	11,2	0	0	11,2
21	8	ŠROUB	M6	0,71	5,68	0	0	5,68
22	1	ŠROUB	M8 x 1	1,81	1,81	0	0	1,81
23	8	VELKOPLOŠNÁ POD.	φ 6.6	0,28	2,24	0	0	2,24
24	15	PODLOŽKA	φ 13	0,64	9,6	0	0	9,6
25	4	MATICE KRYTA	M6	1,03	4,12	0	0	4,12
26	4	PODLOŽKA	φ 4.6	0,1	0,4	0	0	0,4
27	6	ŠROUB	M8	0,36	2,16	0	0	2,16
CELKEM					3770,47		6580	10201,47

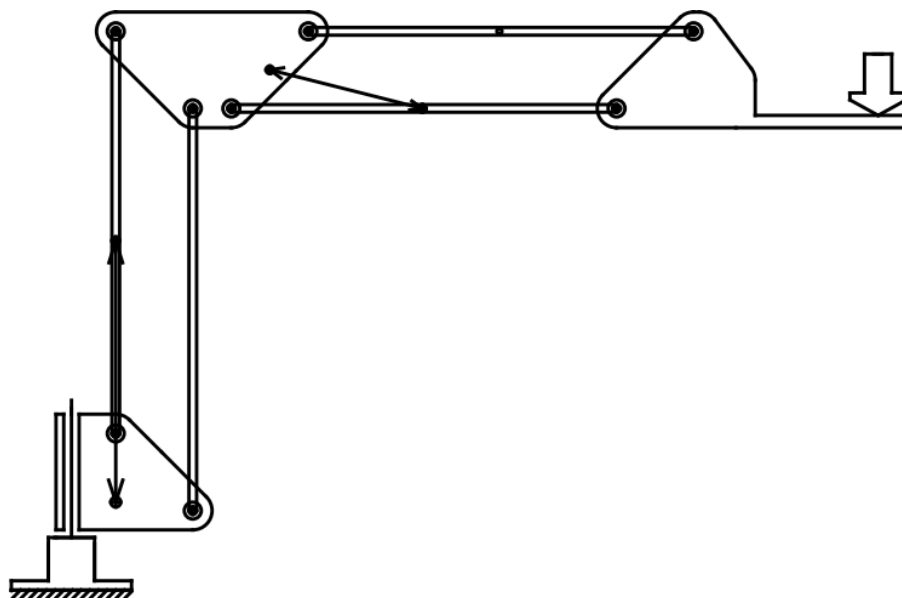
Tabulka 2 Technicko-ekonomické zhodnocení pro řešení 1

Řešení 2

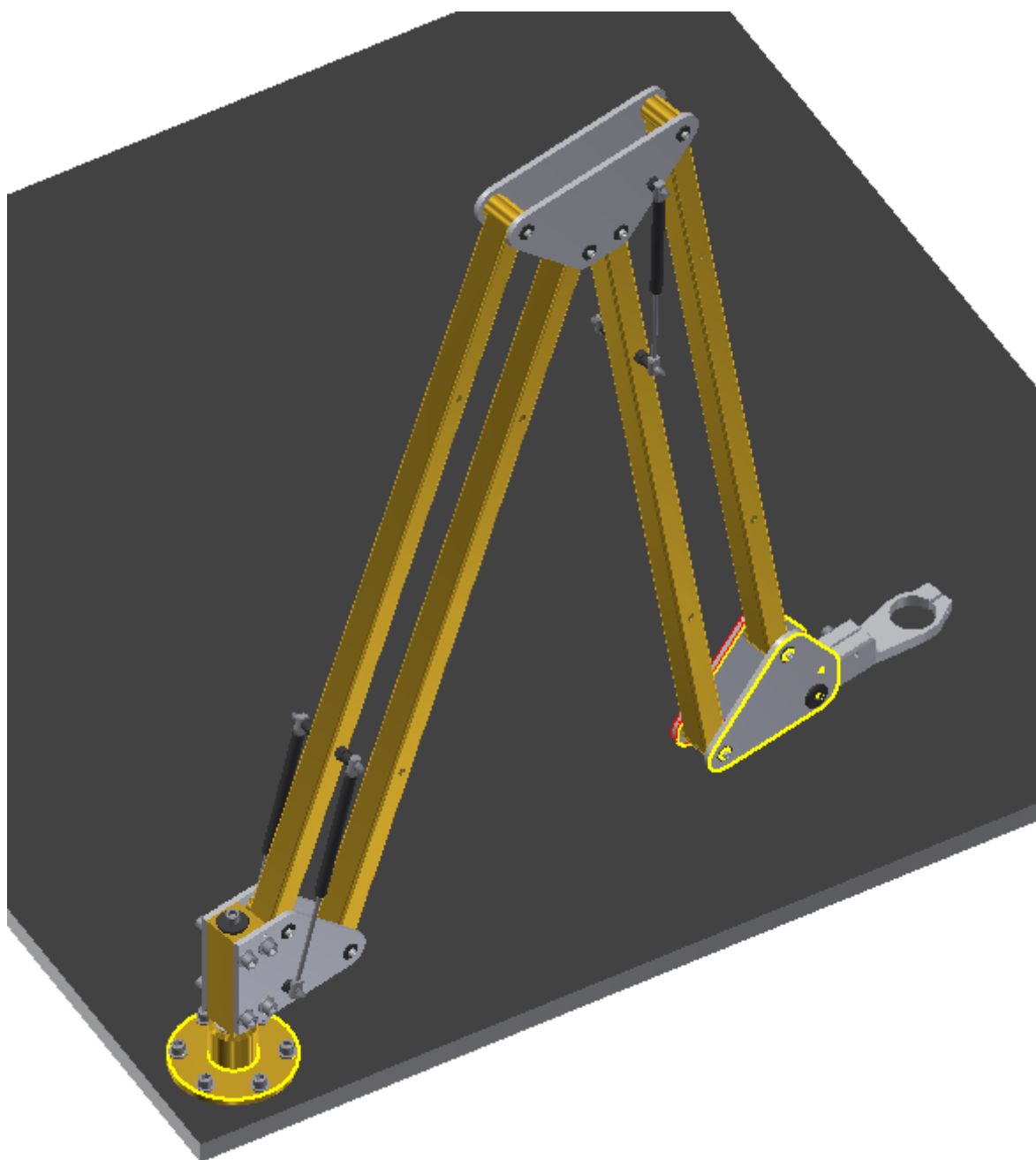
ještě třetím, otočným ramenem, ať již přímým pro zvětšení rozsahu plochy, tak Na první pohled toto řešení má řadu nevýhod, větší počet dílců, vyšší náklady, složitější montáž. Pokud by nám rozsah tohoto řešení nestačil, lze velmi snadno osadit konstrukci šikmým pro zvětšení rozsahu plochy a změnu výšky pracovního prostoru. Z TEZ je tato konstrukce

dražší o 8 273Kč. Stejně jako u předchozího řešení nejdražší nakupované díly jsou plynové vzpěry a na obrábění ramena. Předběžná cenová kalkulace vychází na 18 475Kč viz tabulka 2. Nutno připočítat náklady na lakování ocelových dílců s cena se okolo 1 000Kč. Další možné náklady jsou spojené s případnou montáží. Předběžné vyčíslení je cca 4 000Kč.

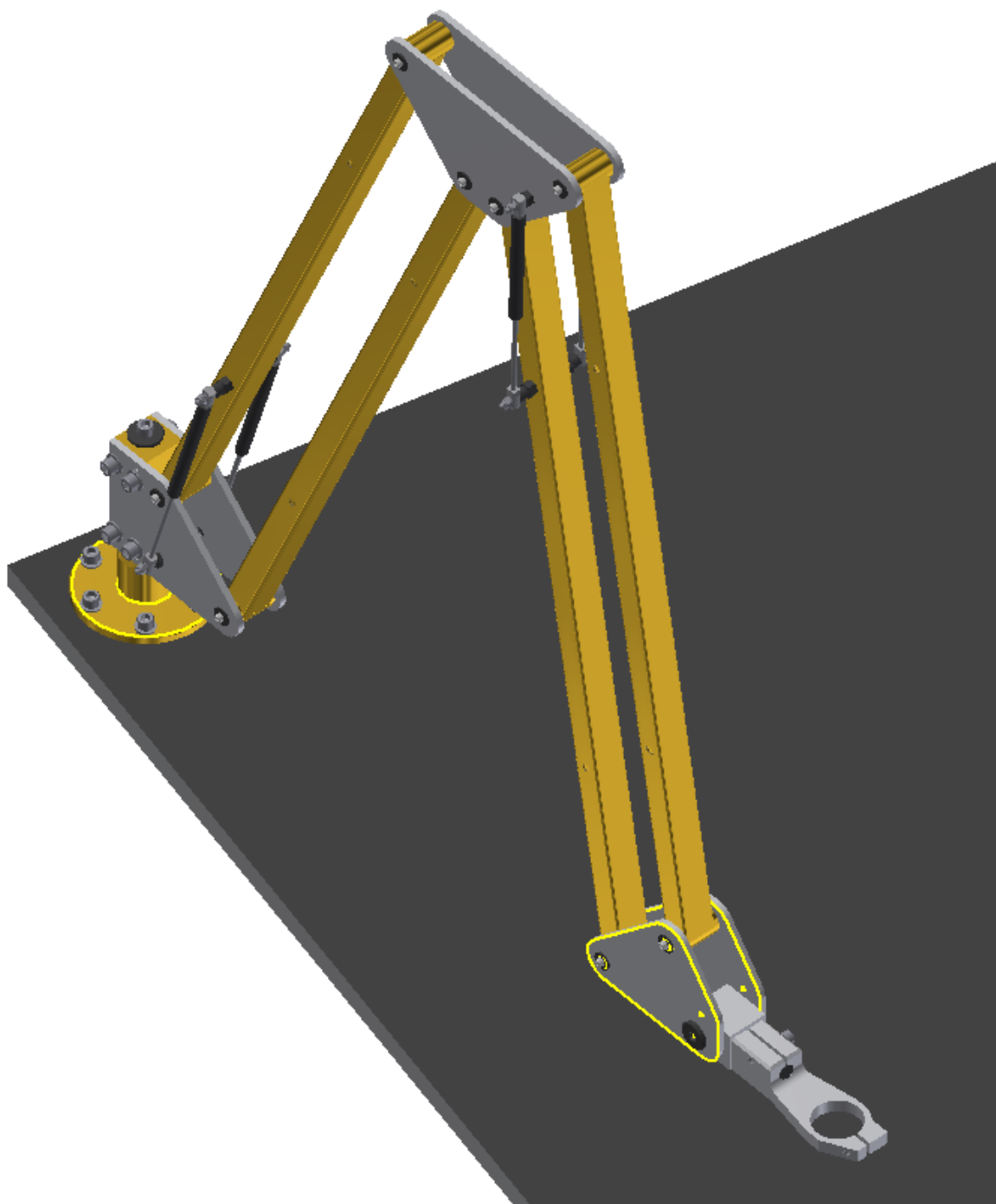
Obr. 9 Pantografické rameno znázorněno kinematickým schématem pro řešení 2



Obr. 9 Celkový pohled na rameno řešení 2



Obr. 10 Konstrukce ramene řešení 2- boční pohled



Obr. 11 Celkový pohled na rameno řešení 2- druhá strana

POZICE	KUSY	NÁZEV	MATERIÁL	CENA ZA MATERIÁL NA 1KS [Kč]	CENA ZA MATERIÁL CELKEM [Kč]	CENA ZA OBRÁBĚNÍ 1 KUSU [Kč]	CENA ZA OBRÁBĚNÍ CELKEM [Kč]	CENA CELKEM [Kč]
1	1	ZÁKLADNA	-	0	0	750	750	750
1.1	1	ZÁLK. PLECH	P 15	90	90	0	0	90
1.2	1	STŘED ZÁKL.	φ 60	87,5	87,5	0	0	87,5
2	1	HŘÍDEL ZÁKLADNY	φ 30	52	52	100	100	152
3	1	NOSNÍK	4HR 50 x 50	70,6	70,6	650	650	720,6
4	2	PLECH NOSNÍKU	P 8	200	400	240	480	880
5	2	PLECH STŘEDNÍ	P 8	280	560	145	290	850
6	2	PLECH KONZOLE	P 8	190	380	75	150	530
7	8	ČEP	φ 20	20	160	200	1600	1760
8	4	RAMENO	-	0	0	600	2400	2400
8.1	4	TRUBKA	TRH 40 x35 x3	90	360	0	0	360
8.2	8	KULATINA	φ35	15	120	0	0	120
9	1	KONZOLE	4HR 50 x 50	180	180	300	300	480
10	1	HŘÍDEL KONZOLE	φ 20	70	70	240	240	310
11	1	DRŽÁK NÁSTROJE	P 45	450	450	1000	1000	1450
12	1	PŘÍROŽKA ARETACE 1	φ 35	35	35	250	250	285
13	1	PŘÍROŽKA ARETACE 2	φ 35	35	35	250	250	285
14	1	KLUZNÁ PODLOŽKA	P 4	5	5	0	0	5
15	1	PODLOŽKA NOSNÍKU	P 4	6,6	6,6	0	0	6,6
16	4	ČEP VZPĚRY KRATKÝ	6HR 16	56	224	350	1400	1624
17	4	ČEP VZPĚRY DLOUHÝ	6HR 16	54	216	350	1400	1616
30	2	PLYNNOVÁ VZPĚRA S OKY	-	857	1714	0	0	1714
31	2	PLYNNOVÁ VZPĚRA S OKY	-	964	1928	0	0	1928
32	2	KOLÍK	φ 6	5,7	11,4	0	0	11,4
33	5	ŠROUB	M12	0,36	1,8	0	0	1,8
34	4	ŠROUB	M12	2,8	11,2	0	0	11,2
35	16	ŠROUB	M6	0,71	11,36	0	0	11,36
36	1	ŠROUB	M8 x 1	1,81	1,81	0	0	1,81
37	1	ŠROUB	M10 x1.25	5,03	5,03	0	0	5,03
38	1	ŠROUB	M12 x1.25	9	9	0	0	9
39	16	VELKOPLOŠNÁ POD.	φ 6,6	0,28	4,48	0	0	4,48
40	9	PODLOŽKA	φ 13	0,64	5,76	0	0	5,76
41	8	MATICE KRYTA	M6	1,03	8,24	0	0	8,24
42	8	PODLOŽKA	φ 6,6	0,1	0,8	0	0	0,8
CELKEM				3835,16	7214,58		11260	18474,58

Tabulka 3 Technicko-ekonomické zhodnocení pro řešení 2.

3 KONSTRUKČNÍ NÁVRH VYBRANÉ VARIANTY - 3D MODEL

Model vznikl v programu společnosti Autodesk - Inventor 2013. Tento 3D modelář jsem si zvolil, jelikož s tímto programem pracuji nejčastěji a jsem na jeho ovládání zvyklý. Softwarů na kreslení 3D sestav dnes existuje celá řada. Budu jmenovat jen pár nejznámějších, se kterými jsem se setkal a měl jsem možnost si vyzkoušet práci v tomto softwaru.

Autodesk Inventor Professional

Firma Autodesk byla založena v roce 1982 v Kalifornii. Je to velký hráč mezi 3D modeláři. V roce 2015 se jí podařilo finanční uzávěrku uzavřít s výsledkem 2,5 miliard USD [10]. Autodesk Inventor přispívá značným dílem do finančního hospodaření celého koncernu, který mimo jiné obsahuje i AutoCAD, AutoCAD Civil 3D ale i Autodesk Simulation, který je součástí jako nástavba v Autodesk Inventor Professional. Není nutné zmiňovat, že Inventor je jeden z nejprodávanejších aplikací pro 3D kreslení. Mnou vybraný software pro zhotovení modelů je jistě příjemný nejen z pohledu intuitivního ovládání, ale i svou českou lokalizací. Díky tomuto se jistě přiblížil mnohým inženýrům, kteří nevládnou angličtinou či jiným světovým jazykem [11].

Catia V5

Málo který konstruktér se nikdy nesetkal s Catii. Tento software je silně navázán na automobilový průmysl. Toto odvětví je v České Republice tradicí a číslo 1,35milionu vozů mluví za vše [12]. Není tedy divu, že firem, které jsou třeba jen minimálně napojeny na výrobu vozů je velké množství. Jelikož zákazník klade požadavky, firmy se přizpůsobují a modely, výkresy jsou často realizovány v Catii. Firma Dassault Systèmes, která má na

svědomí Catii také není žádným nováčkem. Firma byla založena v roce 1981 ve Francii. Catia není jediný produkt této firmy. Velice známý modelář je také SolidWorks. Dassault Systèmes udává krok také v oblasti PLM řešení. Stejně jako Inventor Professional i Catia obsahu nadstavbu pro výpočtové úlohy na bázi metody konečných prvků [13].

Solid Edge ST10

Poslední software, který zde budu uvádět je Solid Edge. Tento program vychází ze staršího modeláře, a to z Parasolidu. Plány dřívějšího vlastníka Unigraphics byly velmi odvážné. Už v roce 1998 měl Autodesk vybudovanou pevnou zem pro vývoj a distribuci svého softwaru. Unigraphics plánoval převzít prvenství v prodeji 3D modelářů. Natolik věřili svému Solid Edge 5, že se nebála prodávat produkt s vyšší cenou než v té době Autodesk. Dnes už víme, že ani po změně vlastníka se program nestal jedničkou na trhu. Dnes Solid Edge vlastní Siemens, který tento modelář nejen stále vylepšuje, ale je i používán jejich konstruktéry pro realizaci strojírenských projektů. Od roku 2006 je možné používat Solid Edge 2D Drafting bezplatně. Jedná se o modeláře pro oblasti 2D konstrukce [14].

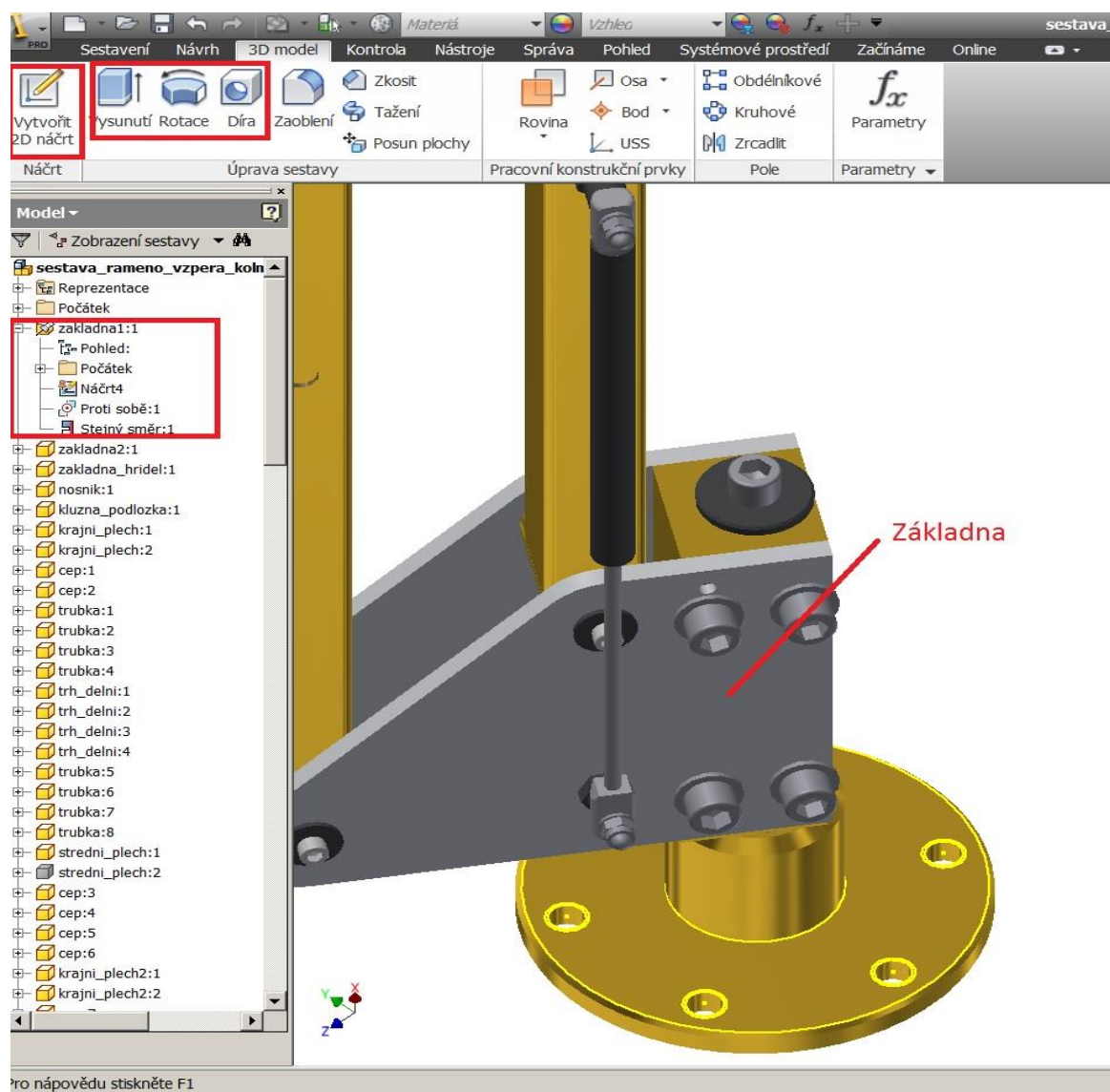
Zhodnocení variant 3D modelů

Jak již bylo zmíněno, konstrukce ramene je realizována v programu Autodesk Inventor 2013. Bylo namodelováno celkem 30 dílů řešení 2, které jsem si vybral jako řešení mé bakalářské práce. Veškeré výpočty, dimenzování a v neposlední řadě i výkresová dokumentace se vztahuje k této variantě. I přes fakta z TEZ jsem se rozhodl realizovat toto řešení hned z několika důvodů. Plně jsem si vědom výhod i nevýhod jednotlivých řešení. Důležitým aspektem je cena. Ta pro řešení 2 vychází o 7 463 Kč vyšší. Tuto částku jsem považoval ožet za předpokladů většího rozsahu pracovního prostoru a dále lepší polohovatelnost. Touto skutečností je dle mého názoru konstrukce více univerzálnější a má tedy širší pole použitelnosti. A to považuji za hlavní důvod, proč je dále vše realizované pro tuto variantu.

Realizace 3D modelu

Před každým namodelování 3D součásti je nutné vytvořit 2D náčrt a tomu následně udat 3D charakter. Je nutné zvolit vhodné prostředí, ve kterém chceme realizovat díl. V české lokalizaci je to Norma.ipt v sekci součást. Tento 2D náčrt se realizuje pomocí ikony Vytvořit 2D náčrt. V paletě Náčrt jsou následně dostupné kreslicí prvky (čára, kružnice, obdélník atd.). Po ukončení 2D nártu přejdeme zadání třetího rozměru. Jelikož veškeré náčrty jsou realizované v námi zvolené rovině, třetí rozměr je vytvořen k této rovině. Směr rozměru je možné zvolit na obě strany roviny či zadáním symetricky na obě strany. Nejčastěji využívané nástroje k 3D kreslení jsou kvádr, vysunutí, rotace, díra. Samozřejmě funkcí v Inventoru je nespočet a je možné stejného efektu docílit několika funkcemi. Záleží tedy čistě na konstruktérovi, jakou variantu zvolí. Pro větší názornost je celé pracovní prostředí ukázáno na Obr. 12. Na Pravé straně můžeme vidět tzv. strom prvků, který obsahuje cca 121 součástí. Každý součást má své určení kreslicí roviny v odrážce Náčrt. Dále

. Strom prvku zobrazuje jinak součásti, které jsou vymodelovány než součásti, které jsou použity z tzv. knihovny. Takto používáme většinou normalizované součásti např. šrouby, matice, podložky apod. [9] [16]. Po ukončení modelování a tvorbě sestav je vytvořena výkresová dokumentace pomocí modulu Výkres.



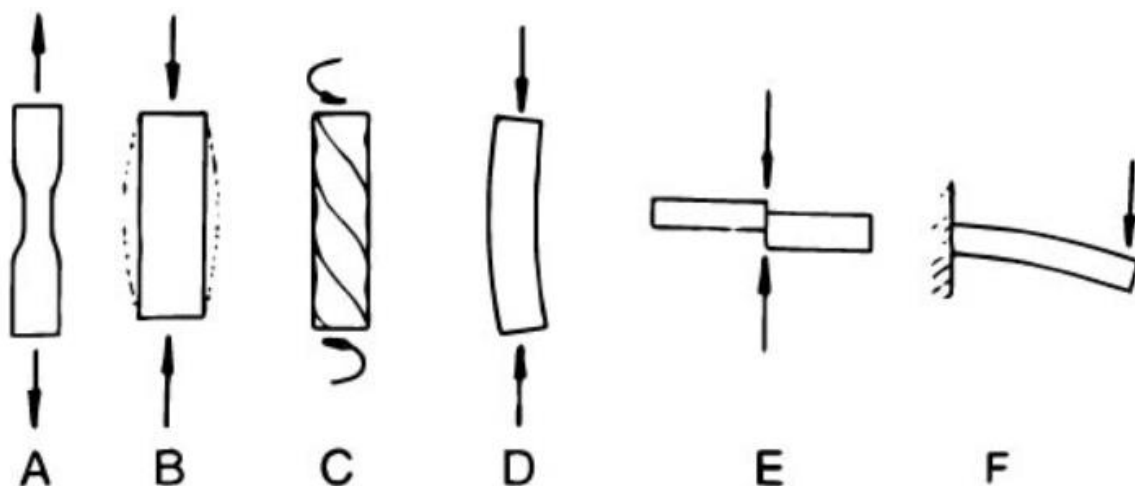
Obr. 12 Pracovní prostředí Inventor 2013

4 VÝPOČTOVÁ DOKUMENTACE, DIMENZOVÁNÍ HLAVNÍCH ČÁSTÍ

Dimenzování strojních součástí je samostatná kapitola. Je to neopomenutelná část při návrhu nového výrobku. Je tedy nutné položit si otázky:

- Z jakého materiálu chci výrobek konstruovat,
- jaké vnější podmínky budou na výrobek působit (síla, moment),
- jakým způsobem chci výrobek používat.

Jak je zmíněno v druhém bodu, známe celou řadu zatížení. Pro názornější představení jednotlivého namáhání je zde obr. 13. V této práci je zvolen výpočet odtlačení a výpočet vhodného zvolení protisíly vzpěry [3] [9].



Obr. 13 Druhy namáhání A-tah, B-tlak, C-krut, D-vzěr, E stříh, F- ohyb [17]

Volba materiálu

Aby celkové řešení nebylo příliš drahé, volil jsem podle této skutečnosti i materiál. Značná položka v sestavě jsou plynové vzpěry, které jsou voleny s koncovkami z běžného spojovacího materiálu. Některé díly jsou zvoleny z hliníkových slitin, těchto slitin je celá řada. Konkrétně se jedná o slitinu AlZn5.5MgCu. Tento materiál má lepší mechanické vlastnosti než většina těchto slitin. Samozřejmě při porovnání např. s ocelí na odlitky jsou hodnoty nižší viz. Tabulka 3. Z této tabulky jsou i čerpány hodnoty pro dovolené namáhání při výpočtu. Dále se v modelu vyskytuje běžná konstrukční svařitelná ocel, která je použita na základnu. Ta je složena ze dvou dílů. Tím je docíleno ušetření části nákladů za obrábění. Drobné dílce jsou zvoleny z legované nerez oceli, cena za materiál se zásadně neliší a není třeba dílce dále povrchově upravovat. Celková hmotnost sestavy je 28,28Kg[18].

Konstrukční materiály	Ocel na odlitky	Šedá litina				Mosaz	Slitiny hliníku	Al + Si	
		42 2420	42 2425	42 2430	4 2435				
Mez pevnosti v tahu R_m (MPa)	370 až 700	min. 200	min. 250	min. 300	min. 350	350 až 400	300 až 360	170 až 220	
Mez kluzu v tahu R_e (MPa)	200 až 350	—	—	—	—	200 až 300	220 až 250	70 až 110	
Mez únavy v ohybu σ_{oc} (MPa)	130 až 245	80	110	140	190	120 až 190	100 až 125	60 až 80	
Mez únavy v krutu τ_c (MPa)	90 až 175	60	80	100	130	90 až 100	60 až 90	20 až 30	
Dovolené napětí (MPa)									
Tah	I. statický	100 až 205	30 až 35	45 až 50	55 až 60	70 až 75	120 až 185	110 až 160	30 až 65
	II. mříjivý	85 až 125	25 až 30	30 až 35	35 až 45	50 až 60	70 až 110	50 až 70	15 až 30
	III. střídavý	65 až 105	15 až 20	20 až 25	25 až 30	35 až 40	40 až 60	25 až 55	15 až 20

Tabulka 4 Mechanické vlastnosti konstrukčních materiálů [18]

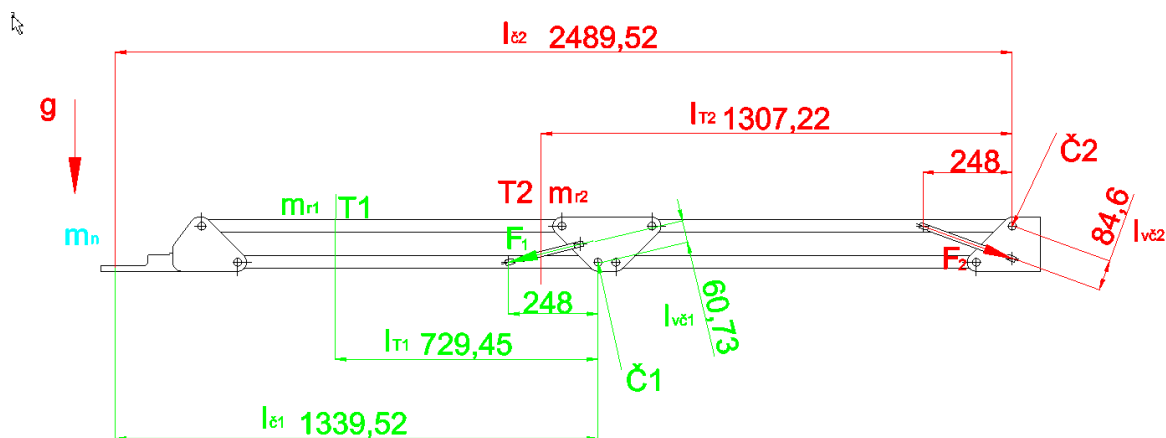
Výpočet pro volby typu plynové vzpěry s oky

Na trhu je celá řada různých typů plynové vzpěry. Volba typů ovlivňuje celkovou práci se zařízením a s tím spojené samotná náročnost pro manipulaci. Dle výpočtu z tabulky 4 volíme takovou vzpěru, která odpovídá našim představám o protiváze konstrukce a například závitořezu [9].

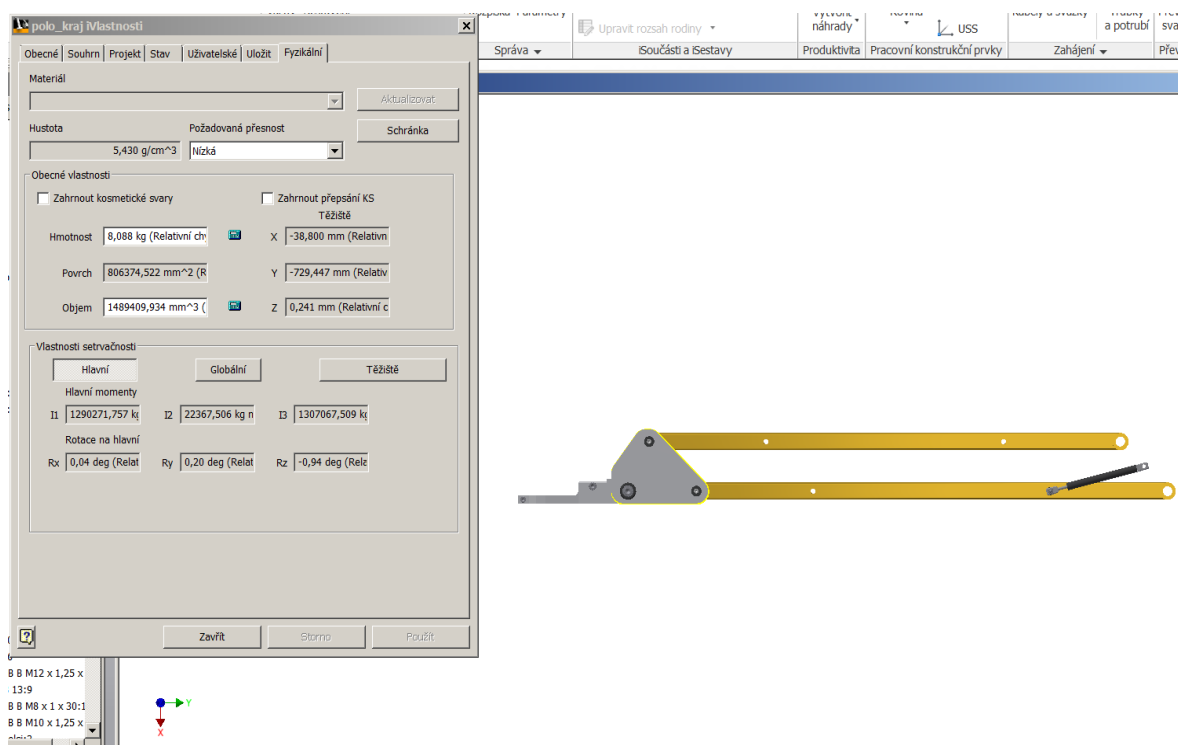
$$F = \frac{\frac{m_{r1} \cdot g \cdot l_{T1}}{l_{vč1}} + \frac{m_{n1} \cdot g \cdot l_{č1}}{l_{vč1}}}{n} \quad (1)$$

$$F = \frac{\frac{8,088 \cdot 9,81 \cdot 729,447}{60,73} + \frac{0 \cdot 9,81 \cdot 1339,52}{60,73}}{2}$$

$$F = \frac{953,0169 + 0}{2} = 476,5085 \text{ N}$$



Obr. 14 Vyobrazení délek ramen pro výpočet (1), (2)



Obr. 15 Výpočet parametrů pomocí Autodesk Inventor

Tento ukázkový výpočet je totožný s výpočtem z tabulky 4 prvního výpočtového sloupce. Veškeré jednotky jsou v základních jednotkách. Hmotnost použitá ve výpočtu je hodnota vypočtená pomocí Autodesk Inventor. Po přiřazení veškerých materiálů a geometrického charakteru je tato hodnota hmotnosti vypočítaná programem. V našem případě váha ramene je 8,088Kg. Tíhové zrychlení g je použito 9,81 m/s². Výpočet jednotlivých délek ramen je vyobrazen na obr. 15. Tento výpočet je nutné zohlednit na počtem kusů vzpěr, proto je celý výpočet dělen počtem kusů. Tento výpočet se týká plynové vzpěry s oky zdvih 100 mm, pozice 30. Zdvih vzpěry je odměřen z pohybu 3D modelu.

vzd. těžiště ramene od čepu	IT1	mm	729,447	729,447	729,447	729,447	729,447	729,447	729,447	729,447	729,447	729,447	729,447
vzd. těžiště nástroje od čepu	lč1	mm	1339,52	1339,52	1339,52	1339,52	1339,52	1339,52	1339,52	1339,52	1339,52	1339,52	1339,52
Váha ramene	mr1	kg	8,088	8,088	8,088	8,088	8,088	8,088	8,088	8,088	8,088	8,088	8,088
stroje	mn1	kg	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
počet vzpěr	ks		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
vzd. vzpěry - čep	lvč1	mm	60,73	60,73	60,73	60,73	60,73	60,73	60,73	60,73	60,73	60,73	60,73
síla na vzpěry od ramene	N		953,0169	953,0169	953,0169	953,0169	953,0169	953,0169	953,0169	953,0169	953,0169	953,0169	953,0169
síla na vzpěry od nástroje	N		0	64,80704	129,6141	194,4211	259,2281	324,0352	388,8422	453,6493	518,4563	583,2633	648,0704
celková síla 1ks vzpěry	N		476,5085	508,912	541,3155	573,719	606,1225	638,526	670,9296	703,3331	735,7366	768,1401	800,5436

Tabulka 5 Výpočet pro volbu vzpěr se zdvihem 100mm pro váhu nástroje 0-5kg.

Totožný výpočet je realizován pro plynovou vzpěru o zdvihu 120mm. Hodnoty v tabulce 5 jsou vypočteny pomocí matematické rovnice (1). Stejně jako v přecházejícím případě, výpočet z tabulka 5 je do zatížení nástrojem 5kg. Tato hodnota je pro vrtačku či menší závitorez dostačující.

vzd. těžiště ramene od čepu	IT2	mm	1307,218	1307,218	1307,218	1307,218	1307,218	1307,218	1307,218	1307,218	1307,218	1307,218	1307,218
vzd. těžiště nástroje od čepu	lč2	mm	729,47	2489,52	2489,52	2489,52	2489,52	2489,52	2489,52	2489,52	2489,52	2489,52	2489,52
Váha ramene	mr2	kg	15,693	15,693	15,693	15,693	15,693	15,693	15,693	15,693	15,693	15,693	15,693
stroje	mn2	kg	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
počet vzpěr	ks		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
vzd. vzpěry - čep	lvč2	mm	84,6	84,6	84,6	84,6	84,6	84,6	84,6	84,6	84,6	84,6	84,6
síla na vzpěry od ramene	N		2378,771	2378,771	2378,771	2378,771	2378,771	2378,771	2378,771	2378,771	2378,771	2378,771	2378,771
síla na vzpěry od nástroje	N		0	83,36991	166,7398	250,1097	333,4797	416,8496	500,2195	583,5894	666,9593	750,3292	833,6991
celková síla 1ks vzpěry	N		1189,386	1231,07	1272,755	1314,44	1356,125	1397,81	1439,495	1481,18	1522,865	1564,55	1606,235

Tabulka 6 Výpočet pro volbu vzpěr se zdvihem 120mm pro váhu nástroje 0-5kg

Výpočet čepu na otláčení

$$p = \frac{F_0}{S_0} \leq p_d \quad (2)$$

$$p = \frac{4172,684}{15 \cdot 14} = 19,86992 \text{ MPa}$$

Ukázkový výpočet pro kontrolu otláčení vychází z jednoduchého vztahu síla na plochu rovnice (2). Síla na vzpěry je vypočtena stejným způsobem jako v přecházejícím výpočtu a to tedy použitím váhy ramene s gravitačním zrychlením a následný součin s těžištěm od uchycení vzpěry. Celá hodnota je podělena vzdáleností vzpěry a čepu. Dovolené namáhání je určeno na základě tabulky 3, která popisuje mechanické vlastnosti jednotlivých materiálů. V našem případě slitiny hliníku. Tato hodnota byla stanovena na 25MPa. Maximální vypočtená hodnota pro Č2 z obr. 15 je 19,86MPa. Hodnota je nižší než dovolené namáhání. Konstrukce ve vybraných místech na otláčení vyhoví [9] [18].

5 VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE VYBRANÝCH UZLŮ

Návaznost na kapitolu 3 je nedílnou součástí výkresová dokumentace. V programu Inventor 2013 je tvorba dokumentace prováděná pomocí prostředí Výkres. Veškerá dokumentace je tvořena ve formátu iso.idw. Velice rozšířeným formátem je formát dwg. Sice se jedná o formát firmy Autodesk vznikl tzv. OpenDWG a kompatibilita je tak částečně možná i mezi jinými softwary. Je snaha vývojářů při práci s tímto 2D i 3D formátem na kreslení o čtení a zápis dat [11]. V rámci této práce byla vypracován a dokumentace, které je značena dle následujících pravidel [3].

A-P1-18/BCCC

A značí formát výkresu

P1 označení projektu - PANTOGRAF 1

18 rok výkresové dokumentace

B - D jednotlivé dílce

- S SESTAVY

- K seznam položek

Výkresová dokumentace obsažená v příloze bakalářské práce:

- 1-P1-18/S001 sestavný výkres s označením maximálních rozměru, montážních rozměrů k připevnění konstrukce k rámu, stolu apod.
- 4-P1-18/K001 seznam položek k sestavnému výkresu 0-P1-18/S001
- 3-P1-18/007 výkres čepu, vyrobený prvně pomocí soustruhu a poté přesně broušený na rozměry volený vzhledem k jeho uložení
- 3-P1-18/004 výkres plechu nosníku – díl vyřezaní pomocí vodního paprsku ze slitiny hliníku z přesné broušené desky, aby dále plocha nemusela býti obráběna a poté vyvrtány a vystruženy díry na vrtacím stroji s přesným odměřováním, vzhledem k požadavku na přesnou polohu otvorů

6 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo vytvořit konstrukce pracovního ramene závitořezu. Jednotlivá řešení v této práci bylo inspirováno pracovními rameny, které vyrábí firmy jako VOLUMEK, Fiam či menší firma Vladimíra Malého. Po důkladném prozkoumání trhu včetně cenových nabídek jednotlivých modelů, nejvíce odpovídalo představě rameno Fiam BA 50, který je vyobrazen na obrázku 4.

Byly vymodelovány celkem 2 modely. V práci nesou pracovní označení řešení 1 a 2. Detailněji bylo rozpracováno řešení 2, které disponuje výkresovou dokumentací se seznamem položek, která může složit pro vyhotovení ramene. Tyto výkresy jsou obsaženy v příloze 1-4. Je důležité poznamenat, že se nejedná o kopii rameno firmy Fiam BA 50, nýbrž originální řešení, kde došlo hned k několika změnám. Jako nejzásadnější změna konstrukce je použití plynových vzpěr. Volba materiálu byla také čistě originální záležitostí. Zde byla snaha o co nejlepší mechanické vlastnosti s ohledem na celkovou váhu zařízení.

Po vymodelování modelu byly kritická místa ověřena výpočtem na odtlačení a výpočtem pro výběr typu plynové vzpěry. Jedná se o zjednodušené výpočty, kde je uvažováno pouze statické zatížení konstrukce. Oba tyto výpočty vyhověly. Vypočtené zatížení 19,86 MPa je 79,84% dovoleného zatížení a je zde dostatečná rezerva. Další rozšíření výpočtu je možné například za pomoci výpočtového softwaru založeného na metodě konečných prvků. Zde by byl brán na zřetel fakt, že konstrukce může nabývat více konfigurací. Jednalo by se tedy o celou sérii výpočtů roztahování ramene. Výkresová dokumentace byla jako veškerá práce s modelem prováděna v programu Autodesk Inventor. Je zde jednotné označení výkresu ve formátu A-P1-18/BCCC viz kapitola 5.

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] Pantograf. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Pantograf>

[2] Sběrač proudu. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Sb%C4%9Bra%C4%8D_proudu

[3] SVOBODODA, Pavel, Jan BRANDEJS, Jiří DVOŘÁČEK a František PROKEŠ. *Základy konstruování*. Brno: CERM, 2011. ISBN 978-8-7204-750-5.

[4] *Závitořez: Firma Vladimír Malý* [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <http://www.vmaly.cz/23108-zavitorez/>

[5] *Volumec mechanical innovations: Products* [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: http://www.volumec.it/en/drilling_tapping_tool_balanced_arm.php

[6] *Selos: Závitořezy* [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <https://www.kovo-stroje.cz/zavitorezy-roscamat/elektricky-zavitorez-dragon-rhc-libovolny-uhel/>

[7] *Fiam: Products* [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <https://www.fiamgroup.com/en/manual-solutions/?fc=EN.1.12.05.00.00>

[8] MAREK, Jiří a Petr BLECHA. *Konstrukce CNC obráběcích strojů*. Vyd. 2., přeprac. a rozš. Praha: MM Publishing, 2010. MM speciál. ISBN 978-80-254-7980-3.

[9] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE, Richard G. BUDYNAS a Miloš VLK. *Konstruování strojních součástí*. V Brně: VUTUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0

[10] In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Autodesk>

[11] *Autodesk: Products Inventor* [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <https://www.autodesk.com/products/inventor/overview>

[12] *Catia: Products* [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <https://www.3ds.com/products-services/catia/>

[13] TROJAN, Jaroslav. *Navrhování konstrukcí na počítači: prutové konstrukce - programy MKP*. Jindřichův Hradec: Epika, 2015. ISBN 978-80-88113-08-9

[14] HAVELKA, Jiří. *Živě: SolidEdge 5 už pohání Parasolid* [online]. 1998 [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <https://www.autodesk.com/products/inventor/overview>

[15] *Siemens: Solid Edge* [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <https://solidedge.siemens.com/en/>

[16] SVOBODA, Pavel, Jan BRANDEJS a František PROKEŠ. *Výběr z norem*. Brno: CERM, 2011. ISBN 978-80-7204-751-2.

[17] *Publi: Materiály používané v TZB* [online]. [cit. 2018-05-22]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/170/02.html>

[18] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. Úvaly: Albra, 2003. ISBN 80-86490-74-2

8 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Pantografické rameno od firmy Vladimír Malý [4]	11
Obr. 2 Pantografické rameno VOLUMEK [5]	12
Obr. 3 Pantografické rameno Dragon RHC-E [6]	13
Obr. 4 Pantografické rameno Fiam BA 50 [7]	13
Obr. 5 Inteligentní rameno DRILLTRONIC [5]	14
Obr. 6 Celkový pohled na rameno řešení 1	17
Obr. 7 Rameno řešení 1, boční pohled	17
Obr. 8 Rameno v maximálním rozpětí řešení 1, boční pohled	18
Obr. 9 Celkový pohled na rameno řešení 2	19
Obr. 10 Konstrukce ramene řešení 2- boční pohled	20
Obr. 11 Celkový pohled na rameno řešení 2- druhá strana	21
Obr. 12 Pracovní prostředí Inventor 2013	24
Obr. 13 Druhy namáhání A-tah, B-tlak, C-krut, D-vzěr, E stříh, F- ohyb [17]	25
Obr. 15 Vyobrazení délek ramen pro výpočet (1), (2)	27
Obr. 14 Výpočet parametrů pomocí Autodesk Inventor	27

9 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Shrnutí parametrů	15
Tabulka 2 Technicko-ekonomické zhodnocení pro řešení 1	18
Tabulka 3 Technicko-ekonomické zhodnocení pro řešení 2.	22
Tabulka 4 Mechanické vlastnosti konstrukčních materiálů [18]	26
Tabulka 5 Výpočet pro volbu vzpěr se zdvihem 100mm pro váhu nástroje 0-5kg.	28
Tabulka 6 Výpočet pro volbu vzpěr se zdvihem 120mm pro váhu nástroje 0-5kg	28

10 SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

2D	Dvojměrný
3D	Trojměrný
%	Procenta
Apod.	A podobně
Atd.	A tak dále
DPH	Daň z přidané hodnoty
Dwg	Přípona souboru z programu Inventor
F [N]	Síla protiváhy konstrukce
F _o [N]	Síla otláčení
Kč	Korun českých
lč1 [mm]	Vzdálenost těžiště nástroje od čepu o zdvihu 100 mm
lč2 [mm]	Vzdálenost těžiště nástroje od čepu o zdvihu 120 mm
lT1 [mm]	Vzdálenost těžiště ramene od čepu o zdvihu 100
lT2 [mm]	Vzdálenost těžiště ramene od čepu o zdvihu 120
lvč1 [mm]	Vzdálenost vzpěry a čepu o zdvihu 100 mm
lvč2[mm]	Vzdálenost vzpěry a čepu o zdvihu 120 mm
mn1,2[kg]	Hmotnost stroje
mr1 [kg]	Hmotnost ramene u čepu o zdvihu 100 mm
mr2 [kg]	Hmotnost ramene u čepu o zdvihu 100 mm
Např.	Například
Obr.	Obrázek
p [Mpa]	Tlak stykových ploch
p _d	Maximální dovolený tlak stykových ploch
PLM	Řízení životního cyklu výrobku
s.r.o	Společnost s ručením omezeným
S _o [mm ²]	Styková plocha
TEZ	Technicko-ekonomické zhodnocení
Tzv.	Takzvaně
USD	Americký dolar

11 SEZNAM PŘÍLOH

Sestavný výkres

1-P1-18/S001

Seznam položek

4-P1-18/K001

Výrobní výkresy

3-P1-18/004

3-P1-18/007

